



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS [FACULDADE DE ENGENHARIA]

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E MEIO AMBIENTE (DESMA)



ESTUDOS AVANÇADOS SUST (FEN078386) 2025/2 - Processos de Separação com Membranas no Tratamento de Efluentes e Reúso

Prof.: Ronei de Almeida

ronei.almeida@eng.uerj.br

Aula 1

	EMENTAS DE DISCIPLINAS PEAMB
--	--

UNIDADE ACADÊMICA Faculdade de Engenharia	DEPARTAMENTO Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente		
NOME DA DISCIPLINA Tópicos Especiais: Processos de Separação com Membranas no Tratamento de Efluentes e Reúso	() OBRIGATORIA (x) ELETIVA	C. HORÁRIA 60	CRÉDITOS 04
NOME DO PROJETO / CURSO Mestrado em Engenharia Ambiental Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle de Poluição Urbana e Industrial	DISTRIBUIÇÃO CARGA HORÁRIA		
	TIPO DE AULA	C. HORÁRIA	Nº CRÉDITOS
	TEÓRICA PRÁTICA	60	04
	TOTAL		
PRÉ-REQUISITOS	() Disciplina do curso de mestrado acadêmico (x) Disciplina do curso de mestrado profissional () Disciplina do curso de doutorado		

EMENTA:

Fundamentos dos processos de separação com membranas (PSM). Parâmetros de projeto e dimensionamento. Preparo e caracterização de membranas. Processos que utilizam gradiente de pressão como força motriz: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa. Tecnologia de membrana no tratamento de águas de abastecimento e residuais: biorreatores com membranas, osmose direta, contactores com membranas, eletrodialise, entre outros. Tipos de módulos de permeação. Declínio do fluxo permeado – concentração por polarização/ *fouling* – e controle. Membranas para a produção de água de reúso. Gerenciamento de correntes de concentrado de processos com membranas. Estudos de caso.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

BAKER, R. W. Membrane Technology and Applications. Hoboken, NJ: Wiley, 4th edition, 2024, 560 p.

DE ALMEIDA R., PORTO R. F., QUINTAES B. R., BILA D. M., LAVAGNOLO M. C., CAMPOS J. C. A review on membrane concentrate management from landfill leachate treatment plants: The relevance of resource recovery to close the leachate treatment loop. Waste Management & Research. 2023;41(2):264-284. doi:10.1177/0734242X221116212

ECKENFELDER Jr., W. W., FORD, D. L., ENGLANDER Jr., A. J. Industrial Water Quality. 4th edition, New York: MCGRAW-HILL, 2009, 956 p.

HABERT, A. C., BORGES, C. P., NOBREGA, R. Processos de Separação por Membranas. 1 ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda, 2006, 180 p.

SCHNEIDER, R. P., TSUTUYA, M. T. Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reúso. 1 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, 234 p.

COORDENADOR DO PROJETO / CURSO	
DATA	ASSINATURA

EMENTA

Objetivos: Apresentar os principais conceitos associados aos processos de separação por membranas para o tratamento de água efluentes, incluindo: fundamentos, aplicações, limitações, entre outros.

DATA**TÓPICOS**

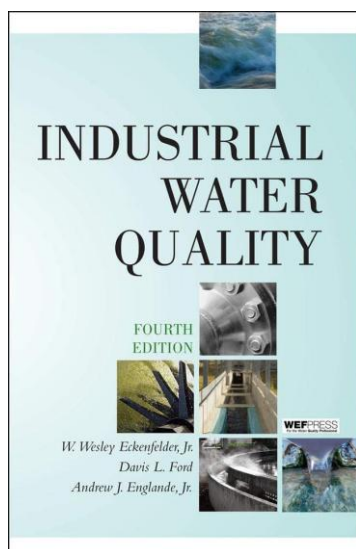
01	02/09	Apresentação do curso e ementa. Introdução, contextualização e histórico dos PSM.
02	09/09	Fundamentos e equações de projeto, morfologia e módulos de membranas. Modo de operação e configurações dos sistemas de processos de separação com membranas.
03	16/09	Síntese e fabricação de membranas porosas e não porosas (densas).
04	23/09	Classificação dos processos de separação com membranas e aplicações.
05	30/09	Biorreatores com membranas (MBR), reator com biofilme em membrana (MABR) e aplicações (tratamento de esgoto sanitário, reúso, etc.).
06	07/10	Declínio do fluxo permeado: Concentração por polarização e fouling.
07	14/10	Declínio do fluxo permeado: Concentração por polarização e fouling
08	21/10	👉 Laboratório (Prática) – Determinação de índices de depósito para elaboração de resumo expandido (Turma)
09	28/10	👉 Seminário (Atividade individual).
10	04/11	👉 Seminário (Atividade individual).
11	11/11	Gerenciamento do concentrado de membrana.
12	18/11	Gerenciamento do concentrado de membrana.
13	25/11	👉 Apresentação do Artigo (Resumo Expandido) elaborado pela turma (Atividade em grupo).
14	02/12	Prova final
	05/12	Término das aulas

PROGRAMA PARA 2025

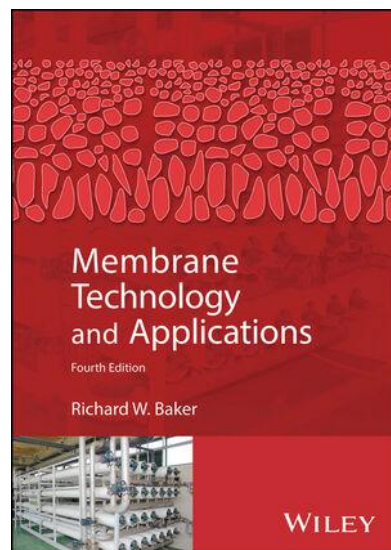
1. Atividade individual: Apresentação de um artigo de alto impacto. Artigos da revista *Desalination*, *Journal of Membrane Science*, *Separation and Purification Technology*, entre outros, acesso na biblioteca no endereço eletrônico <http://www.sciencedirect.com>.
2. Elaboração de um artigo no modelo Resumo Expandido. Tema: *Fouling* e determinação de índices de depósito. Dados experimentais obtidos na prática de laboratório (21/10/2025). Apresentação em grupo do trabalho (25/11/2025)
3. Atividades extras em sala de aula (pontuação adicional): válidas apenas para os alunos presentes no momento da atividade ou nas datas previamente estabelecidas para a sua entrega.

AVALIAÇÃO

Há ótimos livros, seguem algumas recomendações:



ECKENFELDER (2009), 4ª EDIÇÃO
INDUSTRIAL WATER QUALITY



BAKER (2024). Membrane
Technology and Applications.
Hoboken, NJ: Wiley, 4th edition,
2024, 560 p.



HABERT, A. C., BORGES, C. P.,
NOBREGA, R. Processos de
Separação por Membranas. 1 ed.
Rio de Janeiro: E-papers Serviços
Editoriais Ltda, 2006, 180 p.



SILVA, C. M., MORAIS, I. L. H., ORTIZ,
I. A. S. Separação por membranas no
tratamento de água e efluentes
domésticos e industriais. 1ed –
Curitiba: Appris, 254 p., 2023.

▪ BÁSICAS:

1. BAKER, R. W. Membrane Technology and Applications. Hoboken, NJ: Wiley, 4th edition, 2024, 560 p.
2. ECKENFELDER Jr., W. W., FORD, D. L., ENGLANDER Jr., A. J. Industrial Water Quality. 4th edition, New York: MCGRAW-HILL, 2009, 956 p.
3. HABERT, A. C., BORGES, C. P., NOBREGA, R. Processos de Separação por Membranas. 1 ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda, 2006, 180 p.
4. SCHNEIDER, R. P., TSUTIYA, M. T. Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reúso. 1 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, 234 p.
5. SILVA, C. M., MORAIS, I. L. H., ORTIZ, I. A. S. Separação por membranas no tratamento de água e efluentes domésticos e industriais. 1ed – Curitiba: Appris, 254 p., 2023.

▪ COMPLEMENTARES:

1. AWWA Manual. *Microfiltration and ultrafiltration membranes for drinking water*. American Water Works Association. 2005. 257 p.
2. Simon Judd, Claire Judd (Editors). The MBR book: *principles and applications of membrane bioreactors for water and wastewater treatment*. Oxford: Elsevier/Butterworth- Heinemann, 2011, Burlington, MA. 519 p.
3. DE ALMEIDA R., PORTO R. F., QUINTAES B. R., BILA D. M., LAVAGNOLO M. C., CAMPOS J. C. A review on membrane concentrate management from landfill leachate treatment plants: The relevance of resource recovery to close the leachate treatment loop. *Waste Management & Research*. 2023;41(2):264-284. doi:10.1177/0734242X221116212.
4. EMILIO GABBRIELLI. 7000 anos de história da dessalinização da água do mar. 1ed. – Firenze: Angelo Pontecorboli Editore, 2025.
5. Artigos da revista Desalination e Journal of Membrane Science, entre outros, acesso na biblioteca no endereço eletrônico <http://www.sciencedirect.com>.

NECESSIDADES ATUAIS PARA APLICAÇÃO DOS PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS (PSM)

Atualmente, três fatores básicos conduzem à necessidade de utilizar os PSM:

- 1) Restrições legais;
- 2) Aumento da demanda de água e redução da oferta;
- 3) Pressões de mercado.

1) RESTRIÇÕES LEGAIS

Normas mais restritivas relacionadas aos padrões de qualidade de água e lançamento de efluentes líquidos;

- Portaria GM/MS nº 888, de 4 de Maio de 2021;
- Resolução CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011;
- Problemas relacionados à destinação de resíduos sólidos/ disposição final de rejeitos;
- Conceito de poluidor pagador.

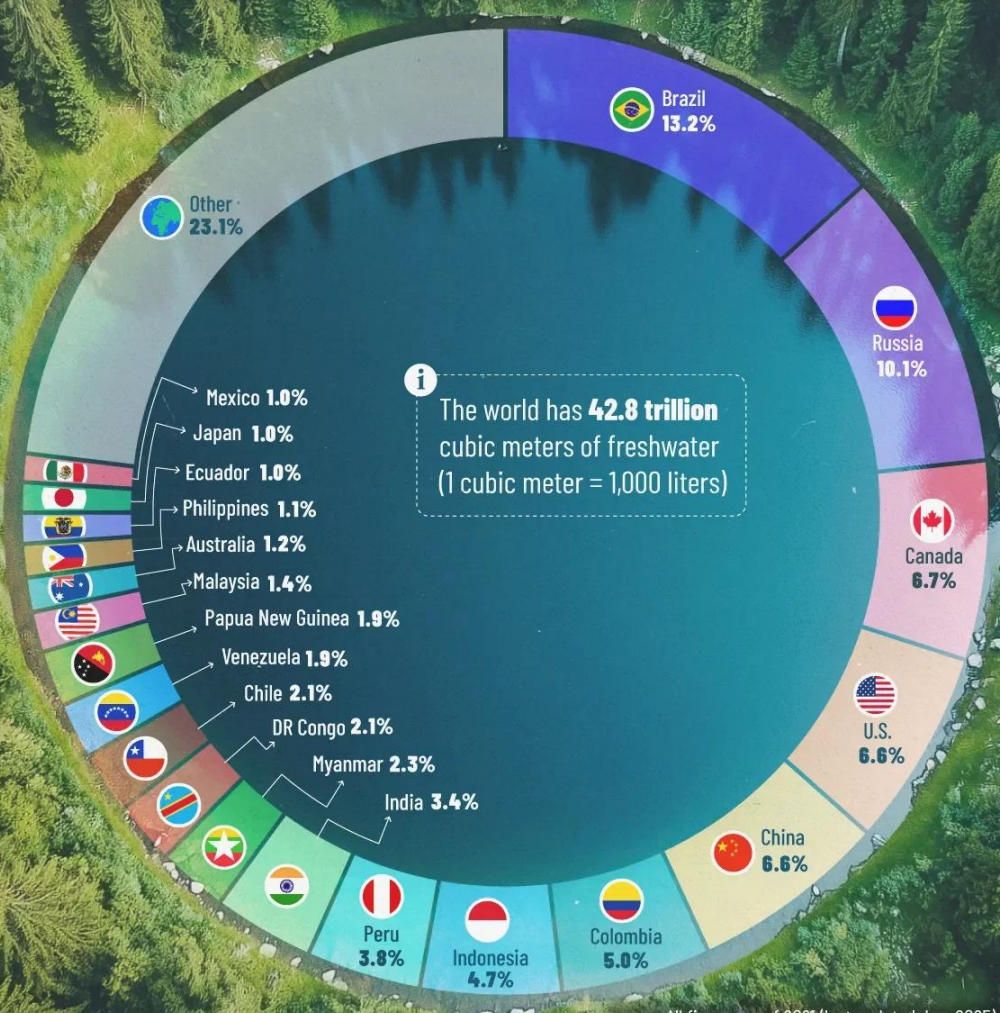
2) AUMENTO DA DEMANDA E REDUÇÃO DA OFERTA

- Crescimento populacional acelerado, principalmente nos grandes centros urbanos;
- Degradação da qualidade dos mananciais disponíveis em razão do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais;
- Utilização de mananciais degradados como fonte de abastecimento;
- O conceito de mananciais protegidos não se aplica a todos os mananciais.

PERCENTAGE OF THE

WORLD'S FRESHWATER

BY COUNTRY



All figures as of 2021 (last updated Jan. 2025).
Based on renewable internal freshwater resources.
Source: World Bank



VISUAL CAPITALIST



Disponibilidade hídrica no mundo e no Brasil

Densidade demográfica por região geográfica e concentração dos recursos hídricos no Brasil.

Região	Densidade demográfica (hab/km ²)	Concentração dos recursos hídricos do país
Norte	4,12	68,5%
Nordeste	34,15	3,3%
Centro-Oeste	8,75	15,7%
Sudeste	86,92	6%
Sul	48,58	6,5%

Fonte: IBGE / Agência Nacional das Águas (2010)

Charted: Share of Freshwater Resources by Country

Escassez induzida e crise hídrica

RIO DE JANEIRO

Presença de geosmina na água continua afetando a vida da população do Rio

O estudo foi conduzido pelo Laboratório de Microbiologia da UFRJ, que analisou durante três meses a qualidade da água Estação de captação da Cedae (Companhia Estadual de Água e Esgoto). A pesquisa encontrou uma forte presença de esgoto doméstico e também poluição industrial.

Poluição em rios da Baixada Fluminense (RJ) leva desespero a famílias que viviam da pesca: 'Não se recupera mais, se acabou'

O Profissão Repórter acompanhou uma vistoria feita pela Defensoria Pública do estado para saber como vivem os pescadores que trabalham nos rios poluídos que abastecem a Baía de Guanabara. 'Situação de degradação muito intensa', lamenta defensora.

Por Profissão Repórter

12/10/2022 19h33 · Atualizado há um ano

Detergente na água do Guandu faz Cedae parar abastecimento; sistema, que atende 11 milhões no RJ, só deve voltar no fim do dia

Até a última atualização desta reportagem, não se sabia quem jogou a substância, mas, segundo o presidente da Cedae, Aguinaldo Ballom, 'provavelmente foi um despejo pontual de um surfactante' diretamente no rio.

Por Rafael Nascimento, g1 Rio

28/08/2023 06h58 · Atualizado há 4 meses



Resumo

- Espuma branca no Guandu fez Cedae interromper o abastecimento de água.
- Estação de Tratamento Guandu atende 11 milhões de pessoas no Grande Rio.
- Material despejado é um tipo de detergente, com forte cheiro de tiner.
- Não se sabe a origem da substância, mas Inea não descarta sabotagem.

FONTES NÃO CONVENCIONAIS (ALTERNATIVAS OU COMPLEMENTARES) PARA ABASTECIMENTO

A crescente escassez de recursos hídricos, aliada as novas restrições legais tem conduzido à busca por fontes complementares de abastecimento:

- Utilização de águas salobras e salinas;
- Implantação da prática de reúso de efluentes:
- O interesse pelo reúso de efluentes tem aumentado de maneira expressiva.

FONTES NÃO CONVENCIONAIS (ALTERNATIVAS OU COMPLEMENTARES) PARA ABASTECIMENTO

A **UN-Water** elaborou o relatório “**Unconventional Water Sources**” no ano 2020. No relatório são definidas as seguintes fontes não convencionais (ou alternativas) de água:

- Coleta de água de neblina
- Aumento da chuva através da semeadura de nuvens
- Captação de água da chuva por microcaptação
- Águas subterrâneas profundas offshore
- Águas subterrâneas profundas em terra
- Água de drenagem agrícola
- Transporte aquático por meio de reboque de iceberg
- Água de lastro
- **Águas residuárias municipais e industriais**
- **Água dessalinizada**



The world at large is in danger of leaving the water scarcity challenge to future generations who will be confronted with the consequences of today's practices.

Water-scarce countries need a radical re-thinking of water resource planning to include the creative exploitation of unconventional water resources for sustainable development.

Water is among the top five global risks in terms of impacts, which would be far reaching beyond socio-economic and environmental challenges, impacting livelihoods and wellbeing of the people.

Unconventional water resources are essential in building a water future in dry areas where water is recognized as a precious resource and a cornerstone of the circular economy.

There are fragmented, but growing examples of using unconventional water resources across the world to boost water supplies in dry areas.

Social media can play a major role in promoting the importance of unconventional water resources in arid and semi-arid regions.

FONTES NÃO CONVENCIONAIS (ALTERNATIVAS OU COMPLEMENTARES) PARA ABASTECIMENTO

FONTES CONVENCIONAIS

FONTES NÃO CONVENCIONAIS

	Surface water	Well water	Sea water	Municipal waste water	Industrial waste water
TDS	Low	Low to medium	High	Low	Low to medium
TSS	Medium to high	Low	Low to medium	Medium	Medium
TOC	Medium to high	Low	Medium to high	High	High
OpEx	Low	Low to medium	High	Medium to high	Medium to high
CapEx	Low	Low to medium	High	Medium	Medium

👉 Fontes não convencionais de água precisam de processos de tratamento com tecnologias mais complexas.

Reúso da Água:

- ❑ Atualmente o nível de desenvolvimento tecnológico permite a obtenção de água com qualquer grau de qualidade;
- ❑ Com a utilização das tecnologias de separação por membranas é possível implantar um programa de reúso potável planejado (RPD);
- ❑ Isto já vem sendo feito em diversos países (Namíbia, Singapura, África do Sul, Estados Unidos da América, Austrália).
- ❑ Geralmente, os PSM (micro, ultra, nanofiltração e osmose inversa) compõem alguma etapa da cadeia de tratamento desses projetos.
- ❑ O fator limitante para o reúso não potável abrangente de água é o custo da rede de distribuição.

Texas Leads The Way With
Primeiro usuário...

www.wateronline.com/doc/texas-leads-the-way-with-first-direct-potable-reuse-facilities-in-u-s-0001

Apps Web Sudoku - Billio... Entrar | Escola Polité... Programa Capes/Br... Other bookmarks

Get the best of Water Online delivered straight to your Inbox! Sign Me Up

From The Editor | September 16, 2014

Texas Leads The Way With First Direct Potable Reuse Facilities In U.S.

By Laura Martin
@LauraOnWater

Severe drought prompts both Big Spring and Wichita Falls to recycle wastewater effluent for drinking water use. Will others follow suit?

When John Grant and his team in Big Spring, Texas, initially decided to build the first-ever direct potable reuse (DPR) facility in the U.S., they weren't trying to make history.

In fact, Grant, the general manager for the Colorado River Municipal Water District (CRMWD), wasn't even aware that there are only a handful of facilities worldwide that utilize DPR—the process of reusing treated wastewater as drinking water without an environmental buffer.

The CRMWD was simply looking to provide clean, safe water for the district's consumers in Odessa, Big Spring, Snyder, and Midland during the region's worst drought in decades.

"When we started our project back in 2002, we didn't even intend for it to be a DPR project. We were just looking for new water supplies in our area," said Grant. "We weren't able to build any more surface reservoirs because we physically had no more room, most of the fresh ground water had already been developed, and indirect potable reuse

Newsletter Signup

Get the latest water industry news, insights, and analysis delivered to your inbox.

Email

SIGN ME UP

By clicking Sign Me Up, you agree to our Terms and that you have read our Privacy Policy.

YOU MAY ALSO LIKE...

Speaking Out On Water Reuse: Experts Make Compelling Case
A mix of quotes, notes, expert opinions, and beer — all made possible by water reuse.

Direct Potable Reuse Vs. Indirect: Weighing The Pros And Cons
There are two potable water reuse options currently gaining prevalence: direct potable reuse (DPR) and indirect potable reuse (IPR). Water Online shares pros and cons of each.

Is America Ready To Drink Recycled Water?
Treated wastewater could be a major asset during California's historic drought, but are people ready to drink

California Allows Wastewater to Be Recycled Into Drinking Water

California became the second U.S. state to allow agencies to purify wastewater and turn it into tap water as a way of adapting to drought conditions.

 Share free access  



The US, South Africa and

Primeiro usuár...

www.theguardian.com/sustainable-business/2014/oct/13/us-south-africa-australia-wastewater-drinking-water-direct-potable-reuse

Apps
Web Sudoku - Billio...
Entrar | Escola Polité...
Programa Capes/Br...
Other bookmarks

the guardian
Winner of the Pulitzer prize 2014

home
UK
election
world
sport
football
opinion
culture
business
lifestyle
fashion
environment
tech
travel
browse all sections

home
environment
energy
pollution
climate change
wildlife

Guardian sustainable business water

The US, South Africa and Australia are turning wastewater into drinking water

Water stressed cities are importing water and investing in desalination plants. Could treating sewage plant wastewater offer a local, energy-efficient way of securing water supply?

Sponsored by:
GRUNDFOS
About this content

Stuart Khan

Monday 13 October 2014 14.21 BST

f
twitter
email
in
g+

Shares
718

Water flows through the Southern California desert from the Colorado River to the Los Angeles area. Photograph: Hopd/AP

Advertisement
GRUNDFOS NEWS
SIGN UP and receive more NEWS from Grundfos
GRUNDFOS

Most popular in US
Baltimore officer who chased Freddie Gray had pattern of violence - court filings

Windows taskbar with icons for Start, File Explorer, Internet Explorer, and various applications. System tray shows date and time: 23-Apr-15, 07:29.

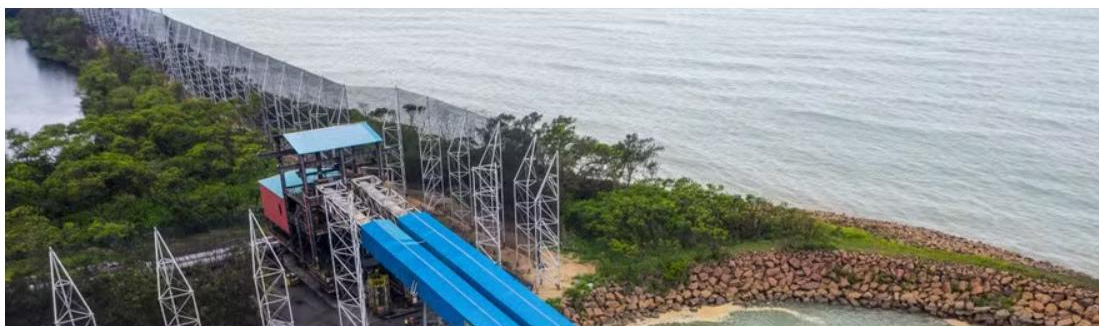
Economia

Reuso da água é principal saída para escassez hídrica mundial, apontam especialistas

Efeitos da mudança climática tendem a aumentar crise, mas solução esbarra em problemas como pouca informação da população sobre benefícios da reciclagem

Por **Lúcia Helena de Camargo***, Especial para O Globo

30/09/2024 06h30 · Atualizado há 10 meses



Libere agora todo conteúdo exclusivo.
O GLOBO DIGITAL MENSAL

R\$ **1,90**/mês por 3 meses

EU QUERO

04/08/2014 18h24 - Atualizado em 04/08/2014 18h24

Campinas regulamentará água de reuso dois anos após iniciar produção

Regras para comercialização e controle de qualidade foram publicadas. Cidade possui estação de tratamento com vazão de 53 litros por segundo.

Do G1 Campinas e Região



Em meio à crise hídrica, a Prefeitura de **Campinas** (SP) criou regras para a utilização da água de reuso na cidade. A resolução conjunta das secretarias do Verde e de Saúde foi publicada na edição desta segunda-feira (4) do Diário Oficial, 28 meses após a Sanasa iniciar a produção na estação Capivari 2. No texto, são apontadas regras para comercialização e de controle da qualidade.

Projeto de Reúso de Água Potável da SANASA/Campinas, Brasil

www.sanasa.com.br

Pesquisar

SANASA
CAMPINAS
NOSSA VIDA É INOVAR

Clique aqui e faça um tour virtual pela
EPAR Capivari II

Institucional | Compras, Licitações e Fornecedores | Investidores | Ouvidoria | Trabalhe na Sanasa | Fale Conosco

SERVIÇOS

Caminhão Pipa
Água de Reúso

Ativar o Windows
Acesse Configurações para ativar
Novos Negócios

No Rio, esgoto tratado já gera mais de 4 milhões de litros de água de reuso por dia

Concessionária Águas do Rio diz que produção dobrou em dois anos e meio

Por Nelson Lima Neto

17/04/2024 10h00 · Atualizado há um ano



3) PRESSÃO DE MERCADO

- Houve uma melhoria significativa no desempenho dos processos de separação por membranas;
- Aumento da produção com consequente redução de custos;
- Sistemas convencionais tornam-se cada vez mais complexos.

3) PRESSÃO DE MERCADO (CONT.)

- Em termos de inovação, o retorno do investimento em P&D nos sistemas convencionais não se mostra atrativo;
- A cada dia é necessário investir mais para um ganho de inovação muito pequeno;
- Para reverter esta tendência é necessário investir em novas tecnologias.

Utilização de novas tecnologias para tratamento de efluentes e reúso

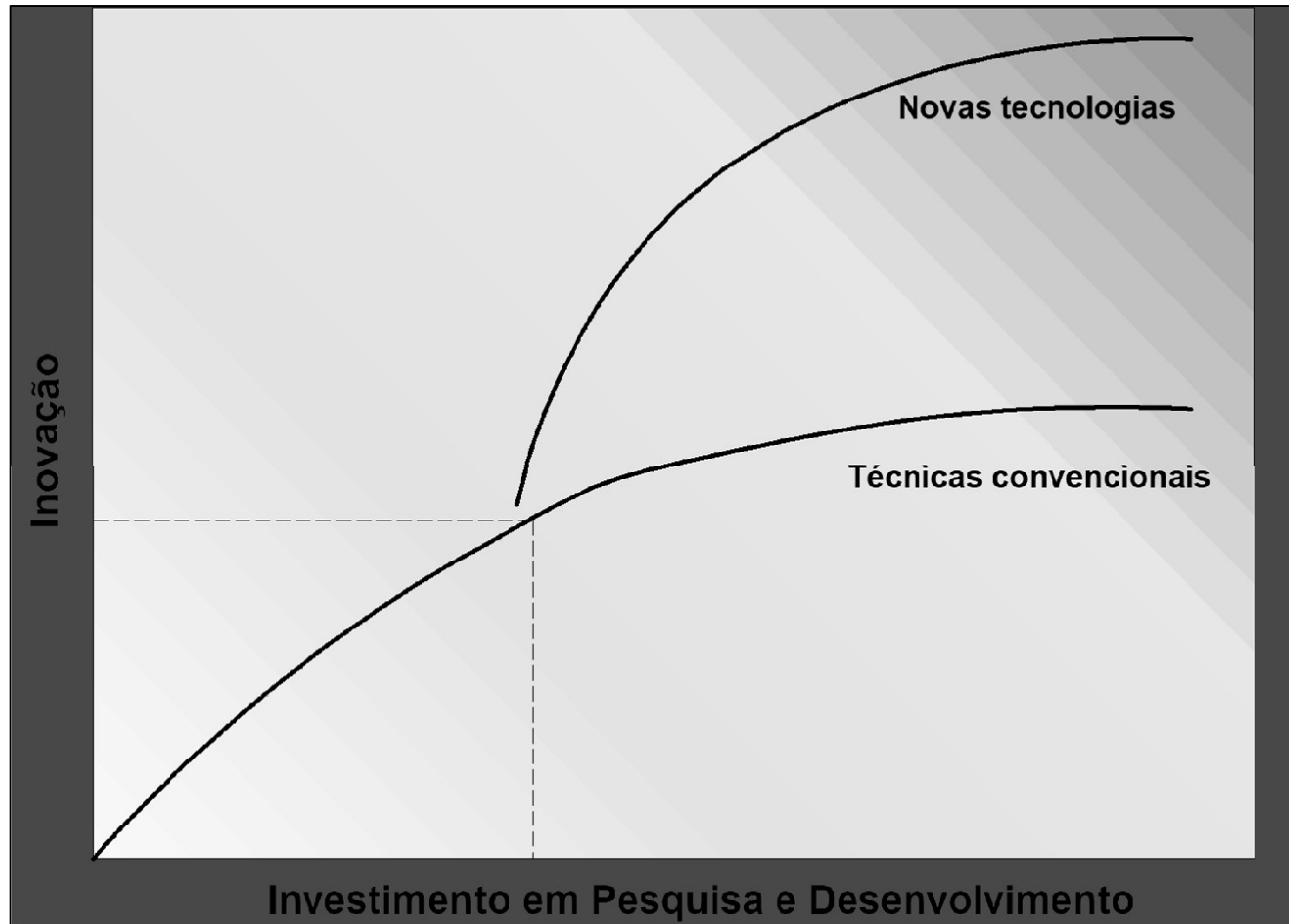
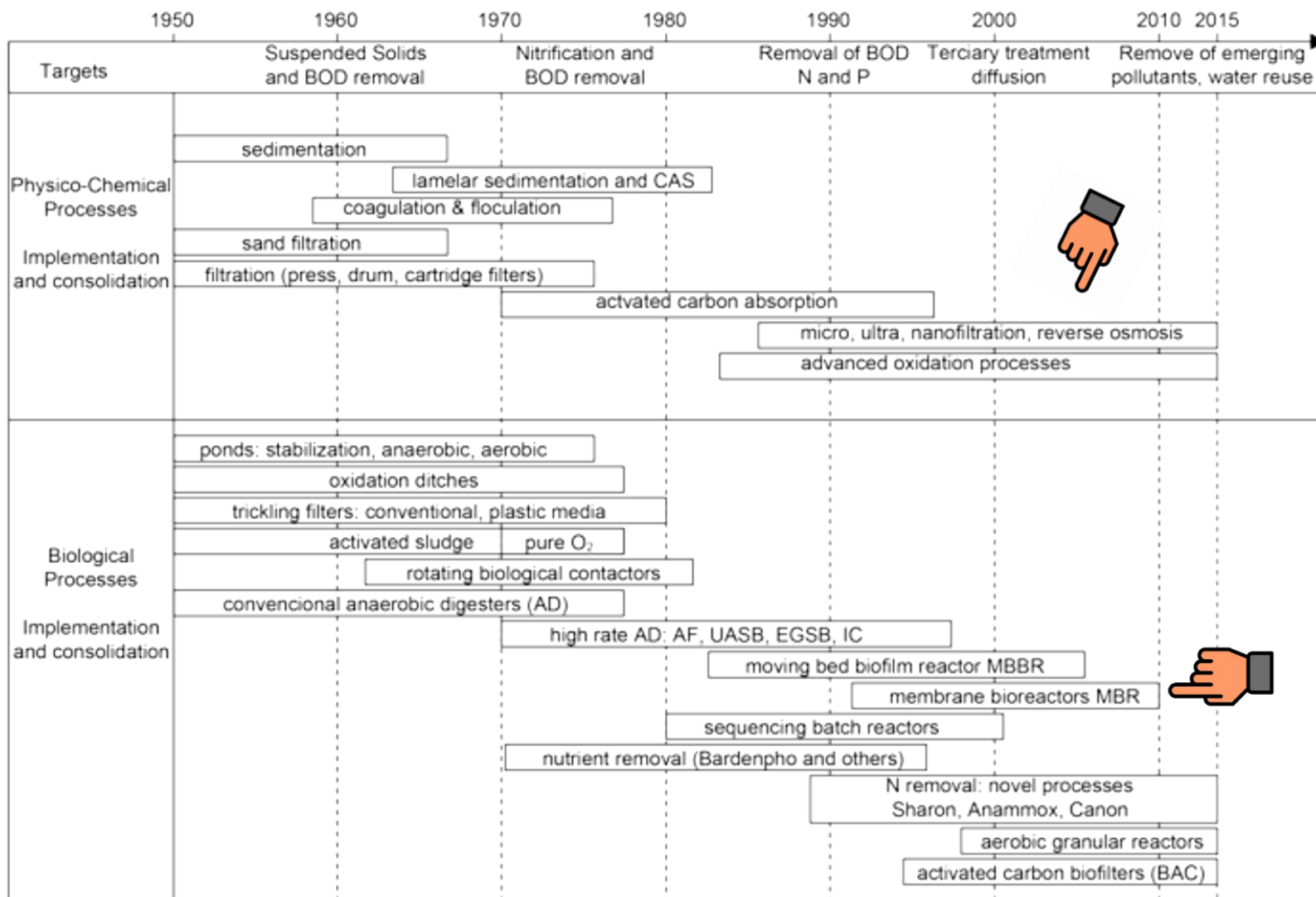


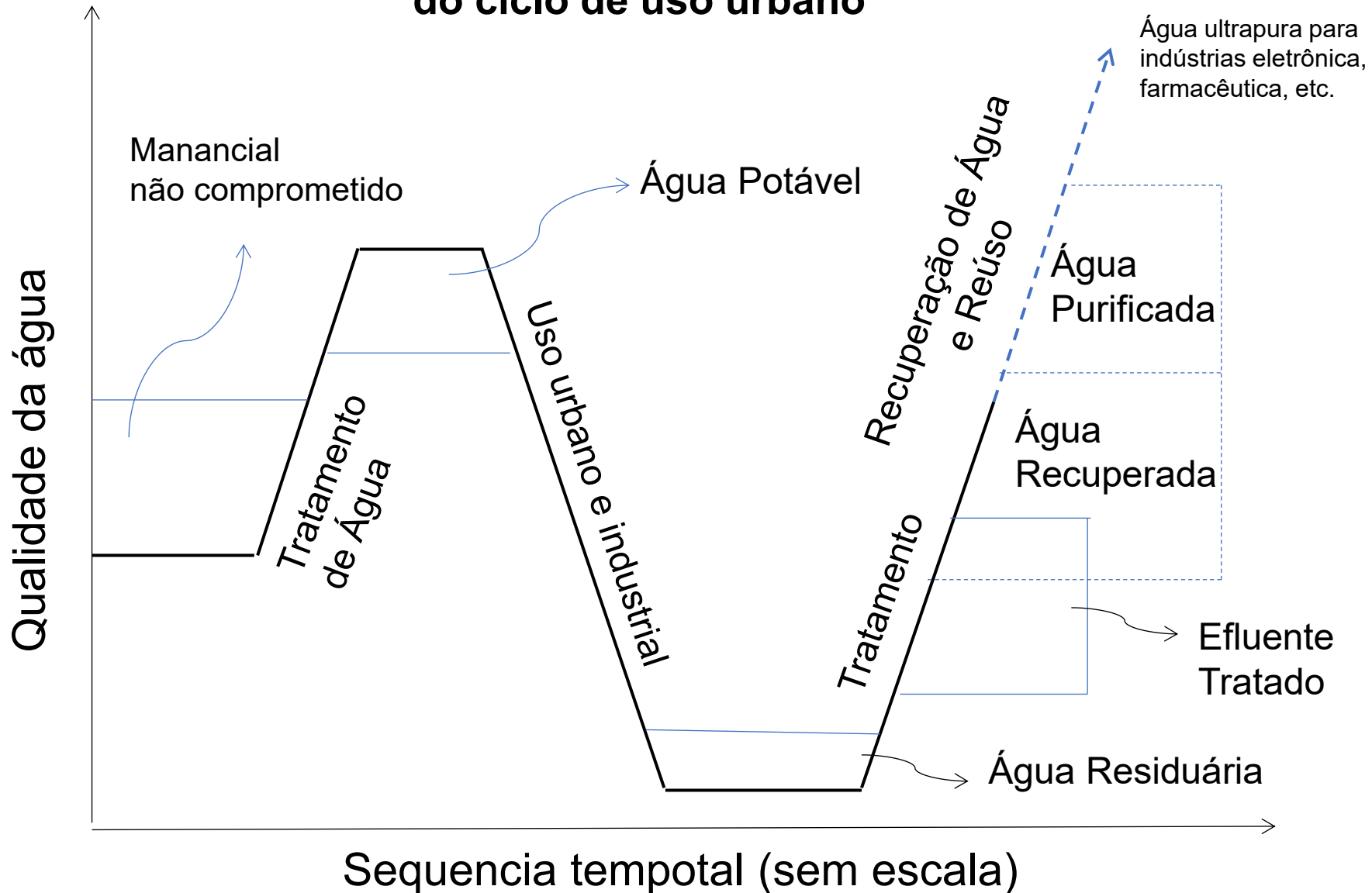
Figura – Relação entre inovação e investimento em P&D na atualidade.

Evolução e consolidação dos processos de tratamento de efluentes



AD anaerobic digester; AF anaerobic filter; BAC biological activated carbon; CAS Chemically assisted sedimentation; EGSB expanded granular sludge bed; IC internal circulation; MBR membrane bioreactor; MBBR moving bed biofilm reactor; UASB upflow anaerobic sludge blanket reactor.

Qualidade da água em diferentes fases do ciclo de uso urbano



Processos de Separação com Membranas (PSM)

Tratamento de Águas de Abastecimento

- Remoção de matéria orgânica residual e microrganismos
- Dessalinização

Condicionamento de águas para uso industrial

- Água para caldeiras, resfriamento
- Água ultrapura

Tratamento de Águas Residuárias

- Tratamento Terciário – Polimento
- Pré-tratamento (aos processos biológicos)

Reúso de Efluentes

- Aplicações: águas de caldeira, resfriamento, limpeza de pisos, sanitários, entre outros.

Diagrama para identificação da tecnologia de tratamento com membranas mais indicada para potabilização de água.

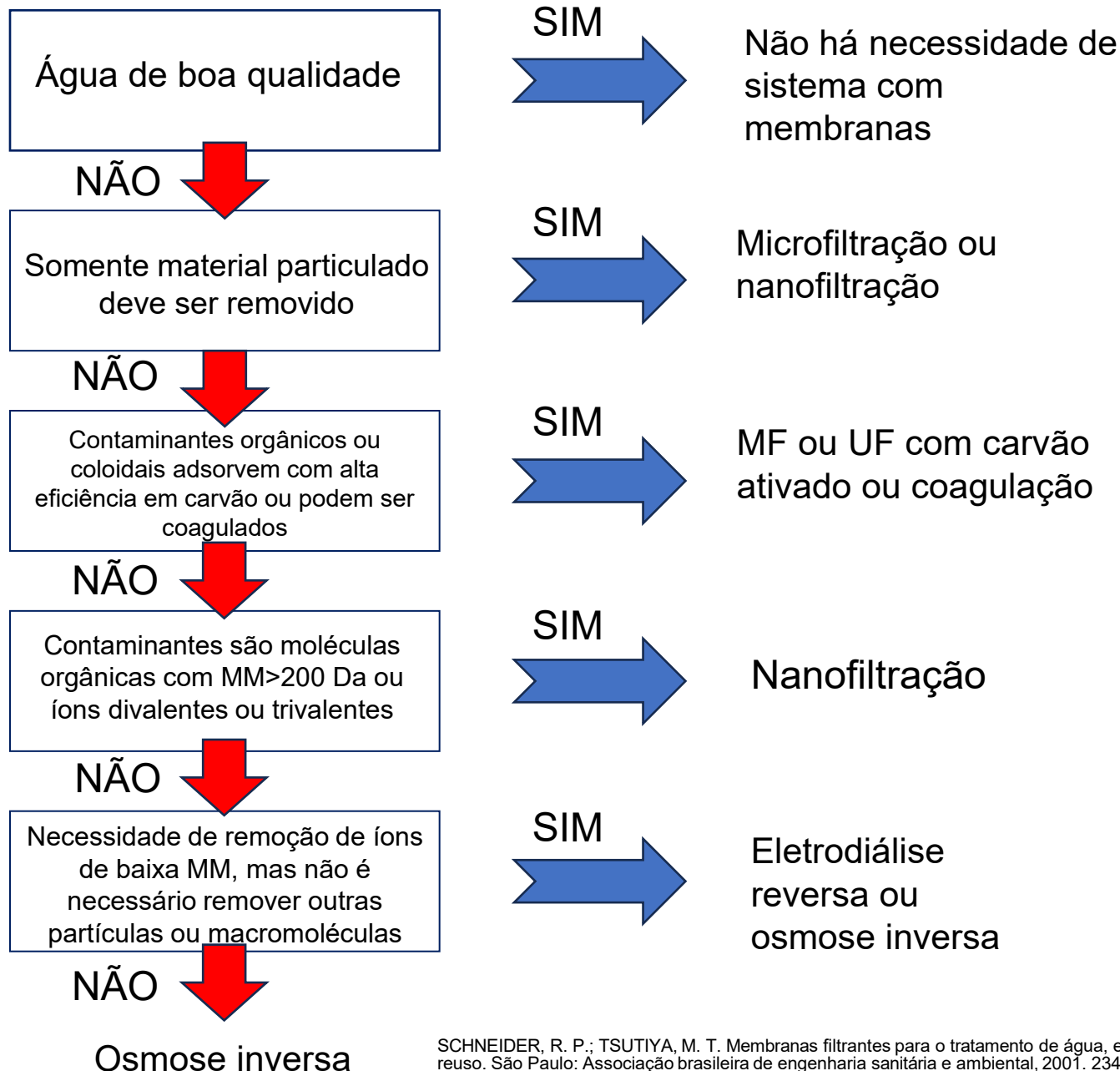


Tabela – Comparação entre os custos das tecnologias de tratamento de água de abastecimento.

Período de retorno (anos)	Custo de tratamento (R\$/ m ³)		
	Sistema convencional	Sistema convencional com carvão ativado	Sistema de Ultrafiltração
1	0,63	1,24	1,15
5	0,24	0,5	0,51
10	0,19	0,41	0,44
15	0,18	0,39	0,42
20	0,17	0,38	0,41
25	0,17	0,37	0,40
30	0,17	0,37	0,40

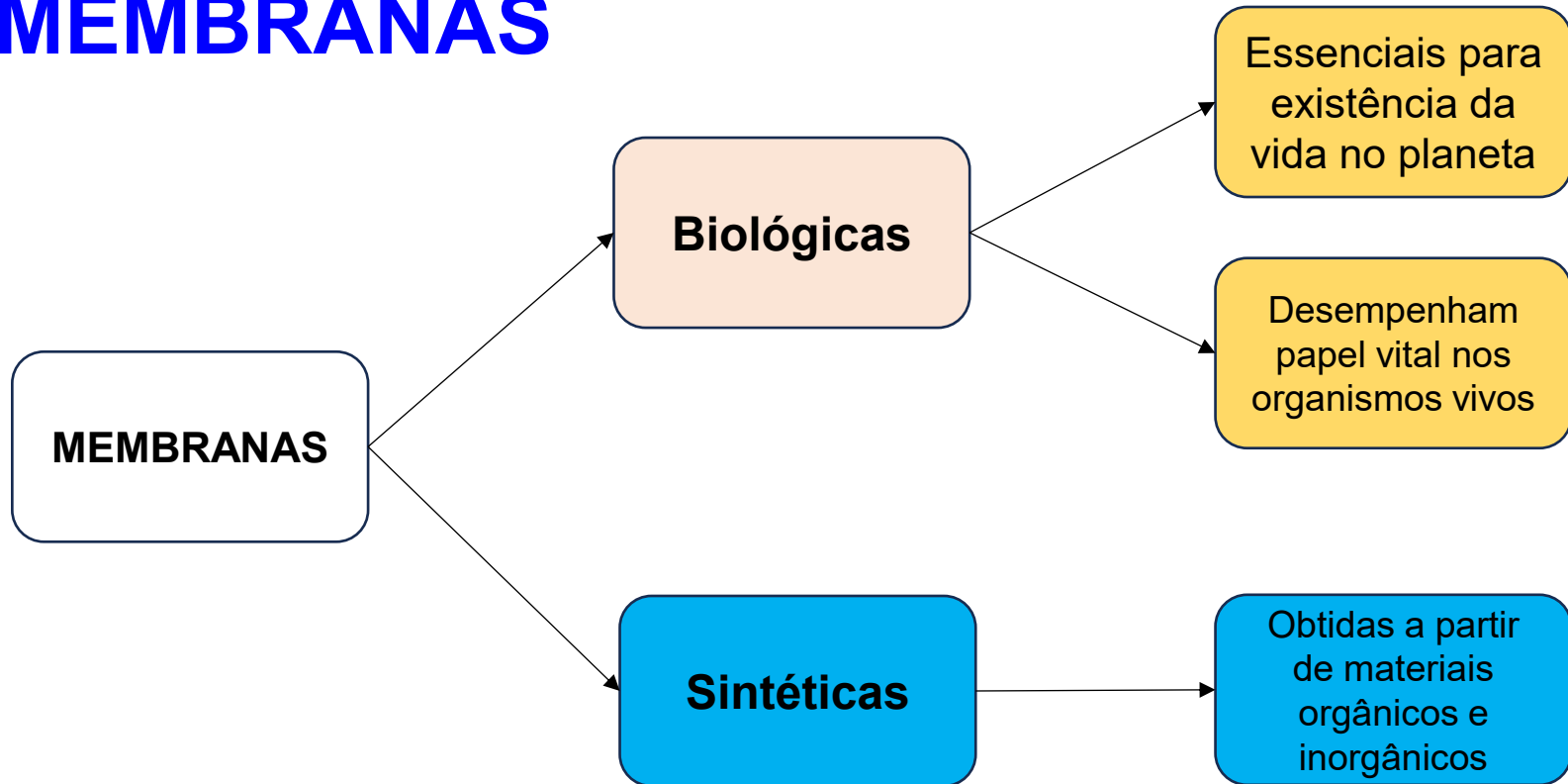


👉 Sete trens de ultrafiltração (UF)

O sistema de UF é composto por sete trens, cada um com cinco *skids* contendo 18 módulos, totalizando 630 módulos de membranas de fibra oca, com área total de aproximadamente 48.510 m². As membranas, fabricadas com PVDF apresentam diâmetro médio de poro de 0,030 µm. A unidade de UF está instalada em uma área de cerca de 820 m², operando com fluxo médio de permeado de 63 LMH e recuperação de 95%. A água tratada apresenta turbidez média de 0,08 NTU.

Estação de tratamento de água Lago Norte – ETA Lago Norte, Brasília (DF), Brasil (29/05/2025) a) unidade de pré-filtração (filtro de disco) b) vista dos trens de UF c) tanque de limpeza química das membranas de UF (CIP, do inglês *clean-in-place*) d) tanques de armazenamento de hipoclorito de sódio (NaClO) para desinfecção da água ultrafiltrada e) tanque com concentrado de membrana f) tanque com rejeitos da limpeza química.

MEMBRANAS



Membranas utilizadas nos processos de separação.

BREVE HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DAS MEMBRANAS

Abbe Nollet observou que a água era capaz de difundir de uma solução diluída para uma mais concentrada, quando estas eram separadas por uma membrana semipermeável (Fenômeno de osmose)

Em 1877 Pfeffer relatou a produção de uma membrana cerâmica, a partir da precipitação de ferrocianeto de cobre nos poros de uma porcelana

1748

1855

1877

1900...

Em 1855 Fick desenvolveu a primeira membrana sintética, preparada a partir de nitrato de celulose



- As primeiras medidas quantitativas do fenômeno de difusão e pressão osmótica foram feitas nas membranas produzidas a partir do nitrato de celulose.
- Vários pesquisadores direcionaram o seu foco para a produção de membranas com polímeros à base de celulose, em especial do colódio.

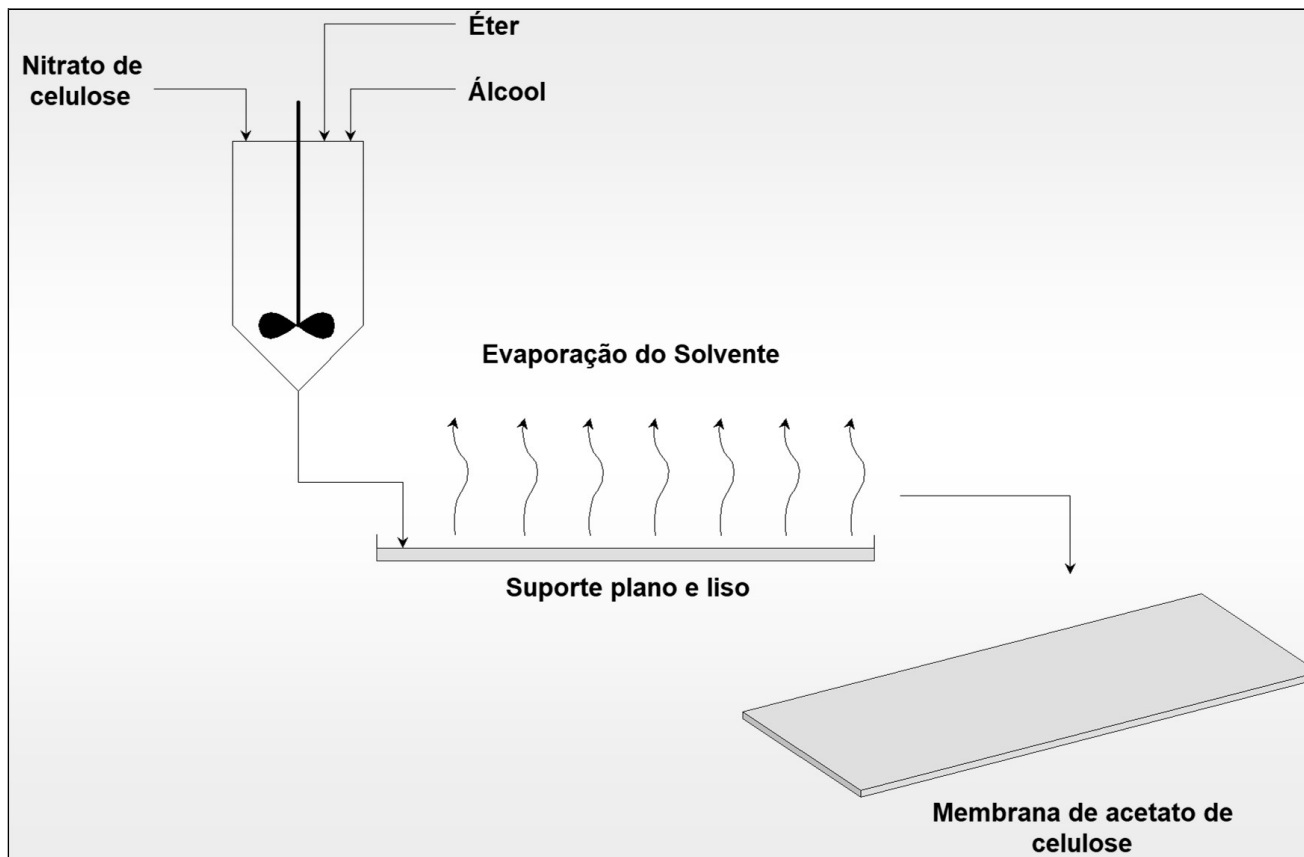


Figura – Processo de síntese de membranas de acetato de celulose.

BREVE HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DAS MEMBRANAS (CONT.)

Por volta de 1907 Bechhold desenvolveu métodos para controlar o tamanho dos poros das membranas, sendo responsável pelo termo ultrafiltração

1907

1945

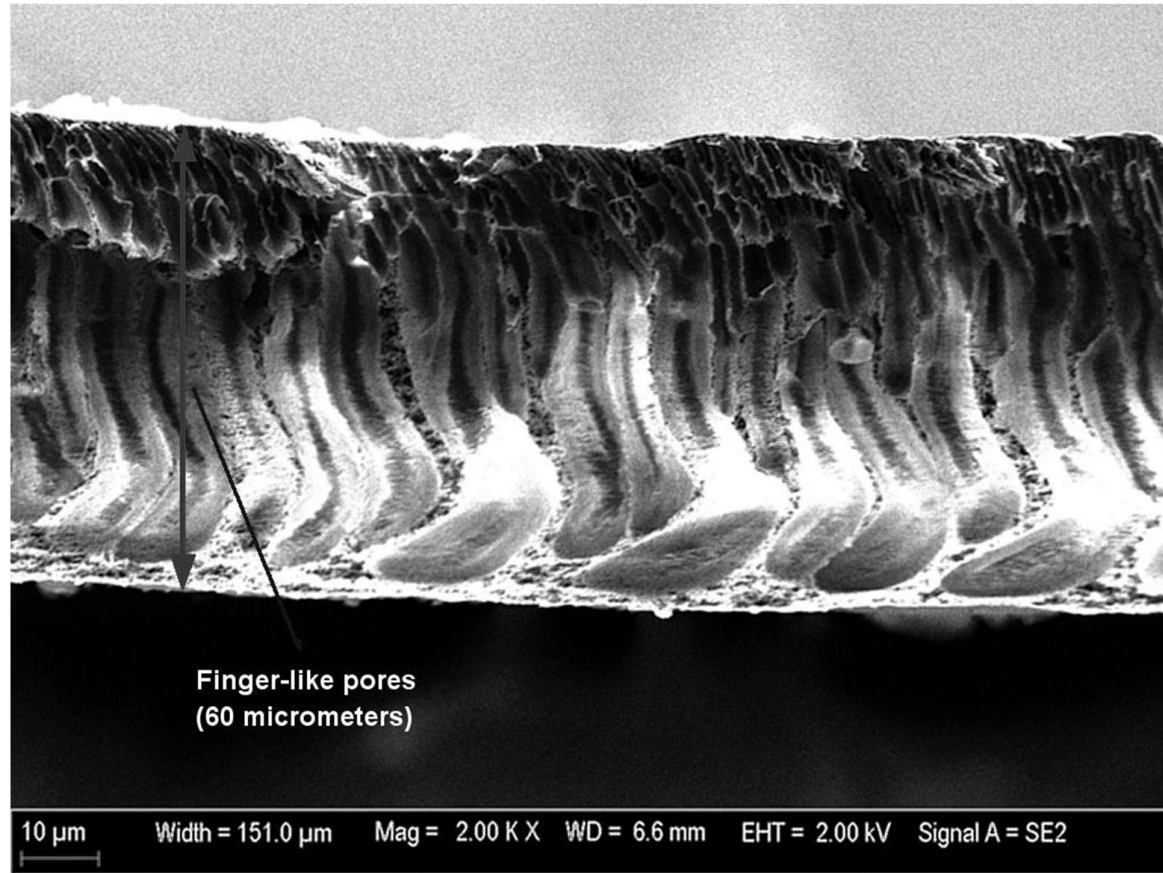
Até 1945 a utilização das membranas restringia-se à separação de microrganismos

1960

A tecnologia de membranas passa a ser comercializada para dessalinização de água do mar com osmose inversa
Membranas de nanofiltração foram instaladas em escala comercial para remoção de dureza de águas subterrâneas na Florida (EUA).

1990...

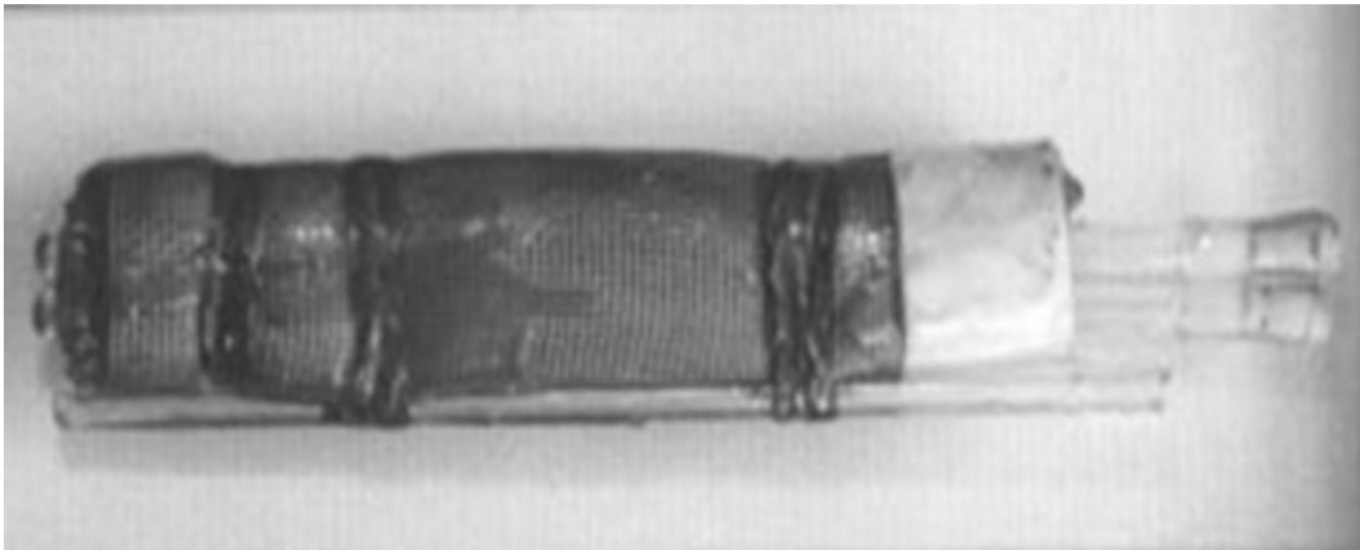
Lançadas no mercado de saneamento básico membranas de MF e UF para potabilização de águas



Seção transversal de uma membrana de Polietersulfona com argila.

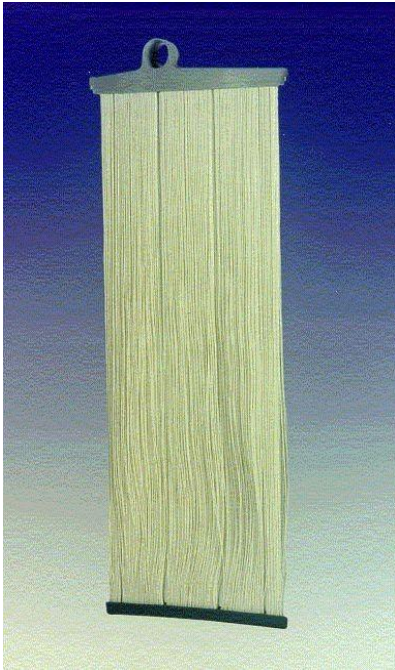
Passado

Fotografia histórica do primeiro módulo enrolado em espiral de osmose inversa desenvolvido pela empresa Kock Membranes.



Presente...

Feixe de membrana do tipo fibra oca



Módulo enrolado em espiral